

Das Cauda-equina-Syndrom, oder die degenerative lumbosakrale Stenose (DLSS) des Hundes

PD Dr. med. vet. Johann Lang, Dipl ECVDI (Radiologie); Prof. Dr. med. vet. André Jaggy, Dipl ECVN (Neurologie); Dr. med.vet. Gabriela Seiler (Radiologie)
Departement für klinische Veterinärmedizin, Universität Bern

Lahmheit der Hintergliedmaßen infolge Hüftgelenkdysplasie und Arthrose, Ruptur der Kreuzbänder oder anderer orthopädischer Störungen ist jedem Züchter und Halter von Hunden geläufig. Auch Lähmung der Hintergliedmaßen durch vorgefallene Bandscheiben im Bereich der Brust- und Lendenwirbelsäule (sogenannte Dackellähme) ist gut bekannt. Nach wie vor weniger bekannt sind Bewegungsstörungen (Lahmheit oder Lähmung) durch Kompression der Cauda equina, obwohl dieser Krankheitskomplex gerade bei großen Hunderassen und speziell beim Deutschen Schäferhund eine wichtige Rolle spielt. Die Erkrankung soll im folgenden kurz vorgestellt werden. Dazu werden auch Ergebnisse von Untersuchungen präsentiert, die im Verlaufe der letzten 15 Jahre an der Neurologie und der Radiologie des Departements für klinische Veterinärmedizin der Universität Bern durchgeführt wurden.

Als Cauda equina werden der hinterste Teil des Rückenmarks und das daraus entspringende Nervenbündel bezeichnet. Über diese Nerven werden Kot- und Harnabsatz gesteuert, sie versorgen (innervieren) die Schwanzmuskulatur und bedeutende Teile der Muskulatur der Hintergliedmaßen. Beim Hund verlaufen diese Nerven über die Länge von ein bis zwei Wirbelkörpern im Wirbelkanal, bevor sie diesen durch die Zwischenwirbellöcher verlassen (*Abb. 1*).

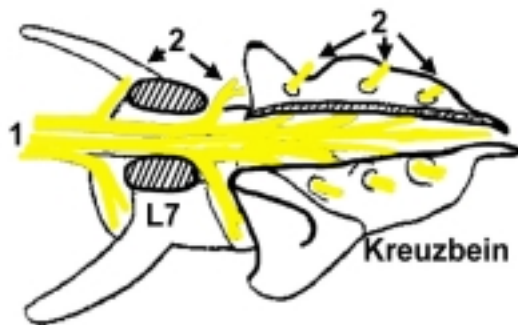
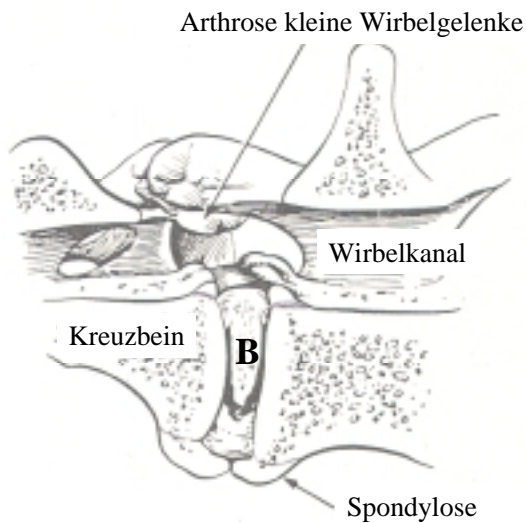


Abbildung 1: Das Bündel der Nervenwurzeln (1) wird als Cauda equina (Pferdeschweif) bezeichnet. Die einzelnen Wurzeln (2) treten durch die Zwischenwirbellöcher aus dem Wirbelkanal. Der Übergang des letzten Lendenwirbels (L7) zum Kreuzbein ist im Vergleich zur übrigen Lendenwirbelsäule sehr beweglich und wird, da hier die Kraft vom Becken auf den Körperstamm übertragen wird, sehr stark belastet.

Bei Einengung des Wirbelkanals und der Zwischenwirbellöcher zwischen dem fünften Lendenwirbel und dem Kreuzbein durch einen Bandscheibenvorfall, bindegewebige oder knöcherne Anlagerungen (man spricht von einer degenerativen lumbosakralen Stenose (DLSS, *Abb. 2* und *3*)) kommt es zu einer Kompression der neuralen Strukturen und zu charakteristischen neurologischen Symptomen.



Das Lumbosakralgelenk (Gelenk zwischen dem letzten Lendenwirbel und dem Kreuzbein) ist dabei besonders gefährdet, da die Kraft von den Hintergliedmaßen und dem Becken auf den Körperstamm über dieses Gelenk übertragen wird. Natürlich können auch viele andere Ursachen zu einer Cauda equina Kompression führen: Frakturen und Tumoren (Geschwülste) sind Beispiele. Diese Erkrankungen können bei jeder beliebigen Rasse beobachtet werden.

Abbildung 2: Zeichnung einer degenerativen lumbosakralen Stenose. B = Bandscheibe

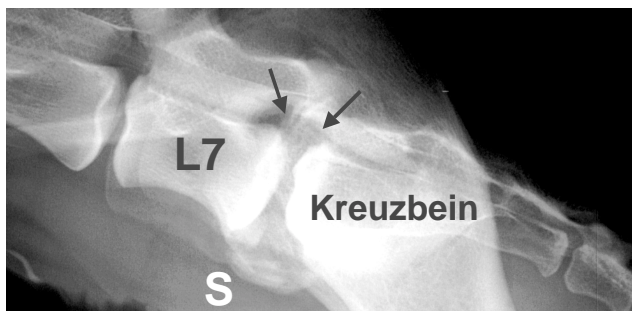


Abbildung 3: Kontrastmitteldarstellung (Myelographie) des lumbosakralen Übergangs bei einem 6-jährigen Deutschen Schäferhund mit Spondylose (S) und schwerer Kompression der Cauda equina infolge einer DLSS. Der Zwischenwirbelspalt L7-Kreuzbein ist eng und unregelmäßig. Durch die vorgefallene Bandscheibe (Hernie) und verdickten Bandstrukturen ist die Kontrastmittelsäule über dem

Zwischenwirbelspalt L7-Kreuzbein nach oben verlagert und eingeeengt (Pfeile). Die Folge war eine Lähmung beider Hintergliedmaßen.

Betroffen von DLSS sind vor allem Hunde großer Rassen, am häufigsten Deutsche Schäferhunde (etwa 50% aller Fälle). Eine ähnliche Erkrankung ist aber auch bei kleinen Hunderassen als angeborene Einengung des Wirbelkanals von L7-Kreuzbein (kongenitale lumbosakrale Stenose) bekannt. Bei der DLSS beträgt das Durchschnittsalter beim Auftreten der klinischen Symptome etwa 6 Jahre. Die Streubreite ist allerdings sehr groß, es können auch sehr junge (12 Monate) und sehr alte Tiere (10 Jahre und älter) betroffen sein.

Die klinischen Symptome entwickeln sich meistens sehr langsam über Wochen bis Monate. Das Leitsymptom ist Schmerz im Übergang Lendenwirbelsäule/Kreuzbein. Die Tiere weigern sich, ins Auto zu springen, Hindernisse zu überspringen oder auch Mannarbeit zu verrichten, alles Bewegungen, bei denen die Verbindung Beckenregion/Körperstamm stark belastet wird. Bei der Untersuchung kann der Schmerz durch Druck auf die Kreuzgegend oder Strecken der Hintergliedmaßen nach hinten ausgelöst oder verstärkt werden. In fortgeschrittenen Fällen haben die Tiere Mühe aufzustehen und zeigen Symptome einer Schwanzlähmung, aber auch Lahmheit oder Lähmung

einer oder beider Hintergliedmaßen. Noch später können die Tiere Kot- und Harninkontinenz (verlieren unkontrolliert Kot oder Harn) zeigen. Tiere mit derart fortgeschrittenen Veränderungen haben schlechte Aussichten auf Heilung. Ab und zu ist die Sensibilität im Schwanz oder der Gliedmaßenspitzen derart gestört, daß sich die Tiere Pfoten und Schwanzspitze selbst zernagen (Automutilation).

Die oben erwähnten Beschwerden sind für den Tierarzt meist schon deutliche Hinweise auf den Ort der Beschwerden. Der neurologisch geschulte Tierarzt wird neben Schmerz noch weitere Symptome finden, die helfen, eine Kompression der Cauda equina von anderen Erkrankungen abzugrenzen.

Die wichtigsten Symptome sind:

- Schmerz bei Druck auf das Kreuzbein, Überstrecken
- Parese (Schwäche),
- Ataxie (Störung der Koordination)
- Störung der Tiefensensibilität (der Hund spürt nicht mehr, wie die Pfoten stehen),
- abnormale Gliedmaßenreflexe
- gestörte Reflexe im Bereich des Anus.

An die klinische Untersuchung schließt sich die Röntgenuntersuchung an, die in Sedation oder Narkose durchgeführt wird. Auf Leeraufnahmen können Veränderungen wie Tumoren, Frakturen, ab und zu auch Mißbildungen gesehen werden. Andere Röntgenveränderungen, wie z.B. Spondylose, können oft auch bei klinisch normalen Tieren gesehen werden und sind von geringer Aussagekraft. Veränderungen der Weichteile wie Verdickung der Bänder oder Bandscheibenvorfälle führen auf dem Röntgenbild meist zu keinen oder nicht eindeutigen Veränderungen. Die endgültige Diagnose muß daher mit Kontrastuntersuchungen wie der Myelographie (siehe Abb. 3) und technisch aufwendigen Untersuchungen wie der Computertomographie (CT) oder Magnetresonanztomographie (MRT, Abb. 4) gestellt werden. In einigen Fällen wird sogar erst die Chirurgie über die Natur der Störung Auskunft geben.

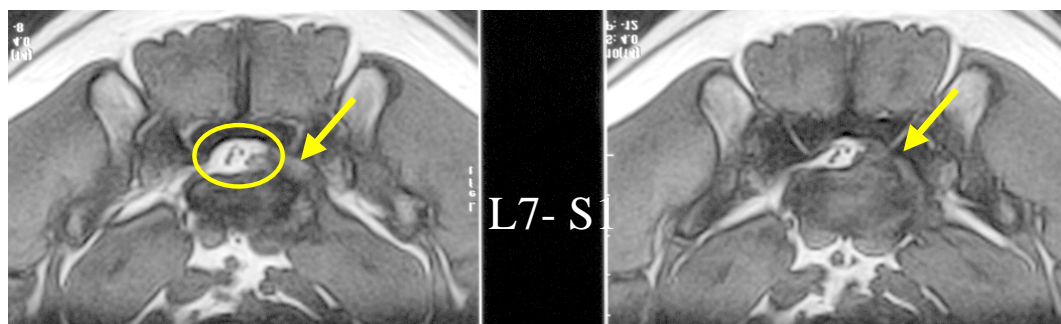


Abbildung 4.

Magnetresonanztomographie des Lumbosakralgelenks bei einem 7-jährigen Labrador Retriever. Die zwei Querschnittsbilder zeigen den Wirbelkanal (Kreis) mit dem Fett (weiß) und den darin eingelagerten Nervenwurzeln (dunkle Punkte). Auf der linken Seite ist der Wurzelkanal offen, auf der rechten Seite ist er durch einen Bandscheibenvorfall (Pfeil) verschlossen. Die Folge war eine einseitige Gehstörung (Lähmung).

Wie erwähnt stellen Tumoren, Missbildungen oder Frakturen der Wirbelsäule nur selten diagnostische Probleme dar. Im Gegensatz dazu steht die DLSS. Bei diesen Formen können die Röntgenveränderungen mild und nicht eindeutig sein. Neben einem zu engen Wirbelkanal wird auch die lumbosakrale Instabilität (Parallelverschiebung des Sakrums zum letzten Lendenwirbel) für die nachfolgenden degenerativen Veränderungen (z.B. Bandscheibenvorfälle), die zur Kompression der Nervenwurzeln führen, verantwortlich gemacht (Abb. 5). Eine spezielle Form, die bis heute mit wenigen Ausnahmen nur beim Deutschen Schäferhund gesehen wurde, ist die Osteochondrose der Knochenendplatte des Kreuzbeins. Obwohl schon bei jungen Tieren vorhanden, treten die Symptome meist erst im Alter von zwei oder mehr Jahren auf.

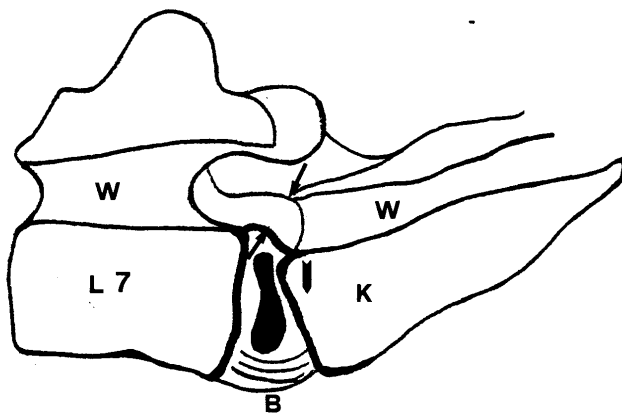


Abbildung 5: Sogenannte lumbosakrale Instabilität. Das Kreuzbein (K) ist nach unten verlagert (großer Pfeil). Dadurch entsteht im Wirbelkanal eine Stufe. Da auch die Bandscheibe (B) ungleichmässig belastet wird, kann es an der schon verengten Stelle des Wirbelkanals (W) zum Bandscheibenvorfall und zur Kompression der Nervenwurzeln (kleine Pfeile) kommen.

Bisherige Forschungsergebnisse

Unsere Untersuchungen wurden in einer ersten Phase entsprechend dieser vielfältigen Krankheitsursachen auf verschiedenen Ebenen durchgeführt. Ziel der Arbeiten war:

1. eine Beschreibung der Winkelung des Lumbosakralgelenks beim normalen Deutschen Schäferhund und bei zwei anderen Hunderassen (Berner Sennenhund und Labrador) in neutraler Position, mit gestreckten und gebeugten Hintergliedmaßen.
2. Die Beweglichkeit und den Bewegungscharakter (Drehbewegung oder Parallelverschiebung) der Lendenwirbelsäule und des lumbosakralen Übergangs.
3. Erfassen eventueller Unterschiede der Winkelung, Beweglichkeit und Stabilität bei normalen Deutschen Schäferhunden und Hunden mit Cauda-equina-Kompression.

Die wichtigsten Resultate dieser frühen Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Beweglichkeit (Winkel zwischen Biegen und Strecken) des lumbosakralen Übergangs ist bei Hündinnen generell größer als bei Rüden. Bei Hündinnen läßt sich dieses Gelenk weiter nach dorsal (oben) überstrecken als bei Rüden.

- Die Winkelung dieses Übergangs ist beim Deutschen Schäferhund und den zwei anderen untersuchten Rassen sehr ähnlich. Die Unterschiede zwischen den drei Rassen sind so gering, daß der beim Deutschen Schäferhund etwas größere Winkel zwischen dem letzten Lendenwirbel und dem Kreuzbein kaum für die Anfälligkeit dieser Rasse für Cauda-equina-Kompressionen gemacht werden kann.
- Bei Hunden mit Cauda-equina-Kompression ist die Beweglichkeit vor allem beim Biegen der Wirbelsäule eingeschränkt. Diese verminderte Elastizität der Wirbelsäule ist möglicherweise eine Folge der geschädigten Bandscheibe, die ihre normale Funktion als Kissen zwischen zwei Wirbelkörpern eingebüßt hat. Zusätzlich sind bei solchen Tieren die Bänder der Wirbelsäule oft verdickt und lassen keine normale Bewegung mehr zu. Knöchernerne Zubildungen im Bereich der Gelenke können die Beweglichkeit weiter einschränken. Neue Untersuchungen (Diss. A. Geissbühler, 2000) haben gezeigt, daß die Beweglichkeit der Wirbelsäule von der Dicke der Bandscheibe abhängig ist: je dünner die Bandscheibe, desto geringer die Beweglichkeit.
- Bei erkrankten Hunden ist der Winkel zwischen dem letzten Lendenwirbel und dem Kreuzbein größer als bei gesunden Tieren. Dieses Ergebnis steht zwar im Widerspruch zu Angaben in der Literatur, ist aber einleuchtend. Beim Strecken (Retrolflexion) der lumbosakralen Wirbelsäule (z.B. beim Überspringen von Hindernissen) wird der Wirbelkanal durch Auffaltung der Bänder und Druck auf die Bandscheibe enger und eine Kompression der Nervenwurzeln betont (*Abb. 5*). Die leichte Beugehaltung der Wirbelsäule könnte daher als Schonhaltung interpretiert werden.

Kinetische Untersuchungen an normalen Wirbelsäulen

Die oben beschriebenen Veränderungen können alle als Folgen unphysiologischer Belastung des Übergangs der Lendenwirbelsäule zum Kreuzbein gewertet werden. Ob die bei großen Hunden nicht selten beobachtete lumbosakrale Instabilität beim Entstehen der Erkrankung eine Rolle spielt, ist nicht klar. Beim Menschen ist bekannt, daß instabile Wirbelgelenke vor allem zwischen dem letzten Lendenwirbel und dem Kreuzbein (Abrutschen des letzten Lendenwirbels nach vorne) eine wichtige Ursache für Kompressionen der Nervenwurzeln darstellen. Über die Kinetik (Bewegungsabläufe) und die Biomechanik der Hundewirbelsäule ist im Gegensatz zur menschlichen Wirbelsäule noch recht wenig bekannt. Die an der menschlichen Wirbelsäule gewonnenen Erkenntnisse dürfen allerdings nicht einfach auf den Hund übertragen werden, da beim Vierbeiner die Kraftübertragung und Belastung der Wirbelsäule anders geschieht als beim aufrecht gehenden Menschen.

Unsere Untersuchungen zu den Bewegungsabläufen während Biegen und Strecken der Lendenwirbelsäule haben zu einigen interessanten Beobachtungen geführt. Die Beweglichkeit der einzelnen Bewegungssegmente nimmt vom vorderen Teil der Lendenwirbelsäule gegen das Kreuzbein fast exponentiell zu. Im Gelenk, in dem die Kraftübertragung von der Hinterhand auf den Körperstamm stattfindet, ist die Beweglichkeit demnach am größten. Dies läßt auf eine sehr hohe Belastung der Skelett- und Bandstrukturen, vor allem auch der Bandscheibe schließen.

Interessant ist dabei die Beobachtung, daß die Beweglichkeit im Lumbosakralgelenk bei Hündinnen größer ist als bei Rüden, die Rüden aber häufiger an einer Kompression der Cauda equina erkranken. Das höhere Gewicht, auch der häufigere Einsatz von Rüden als Arbeitshunde können vielleicht teilweise erklären, wieso Rüden häufiger an Cauda-equina-Kompression erkranken.

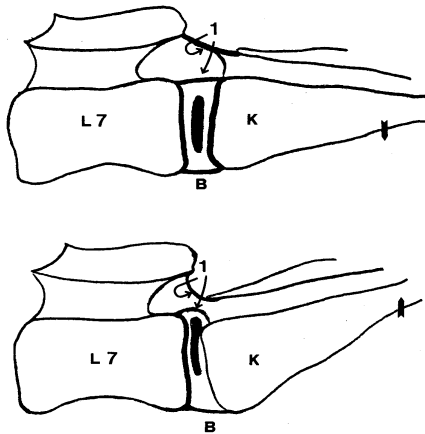


Abbildung 6: Einfluß von Biegen (oben) und Strecken (unten) auf die Strukturen des Lumbosakralgelenks. Beim Biegen wird der Zwischenwirbelspalt und damit die Bandscheibe unter Zug gesetzt, die Bänder, die den Wirbelkanal begrenzen, werden gespannt (1), die Bandscheibe (B) ist in ihrer normalen Position. Beim Strecken (unten) verengt sich der Zwischenwirbelspalt, die Bandscheibe wird in den Wirbelkanal gepreßt, die Bänder (1) wölben sich durch Auffaltung in den Wirbelkanal vor. Es kommt zur Kompression der Nervenwurzeln.

Beim Biegen und Strecken besteht die Bewegung zwischen zwei Wirbeln auch bei neurologisch gesunden Hunden nicht nur aus reiner Rotation (Drehbewegung), sondern bei 50 Prozent der Tiere auch aus einem hohen Anteil an Translation (Parallelverschiebung zweier Wirbel zueinander). Die Bandscheibe wirkt bei der Rotation als Kissen und Drehpunkt, um das sich die beiden angrenzenden Wirbel drehen. Bei Translation treten zusätzliche Scherkräfte auf, die möglicherweise für später auftretende Band- und Bandscheibenschäden mitverantwortlich sind. Da Translation, meistens Verschiebung des Kreuzbeins nach unten (wird als Instabilität der Wirbelsäule bezeichnet), auch bei klinisch normalen Tieren beobachtet werden kann, darf Instabilität nicht einfach mit Cauda equina-Kompression gleichgesetzt werden und muß demnach auch bei erkrankten Hunden nicht unbedingt die Ursache der Kompression sein.

Osteochondrose des Kreuzbeins, eine Spezialität des Deutschen Schäferhundes?

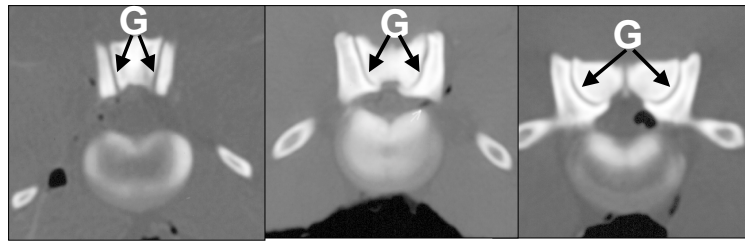
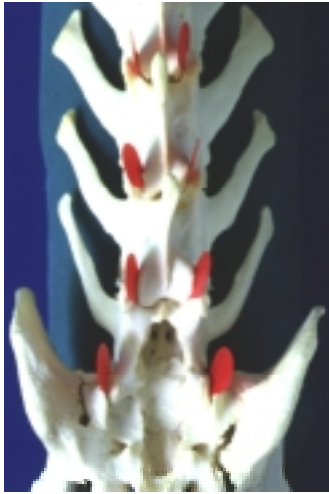
Wie oben erwähnt, ist der Deutsche Schäferhund die Rasse, die am häufigsten an einer Kompression der Cauda equina erkrankt. Dabei scheint die Osteochondrose des Kreuzbeins, eine bis vor etwa 15 Jahren offensichtlich unbekannt entwickelte Entwicklungsstörung des Kreuzbeins, eine recht wichtige Rolle zu spielen. Osteochondrosen sind Abspaltungen von Gelenksknorpel, oft auch des darunter liegenden Knochens, und treten am häufigsten in Gelenken des Gliedmaßenskeletts (z.B. Schulter-, Knie-, Sprunggelenk) auf. Betroffen sind junge Hunde meist großer, schnell wachsender Rassen. Die Diagnose kann mit einer guten Röntgenaufnahme schon im Alter von etwa 6 Monaten sicher gestellt werden. Auch die Osteochondrose des Sakrums kann in der Regel schon ab etwa dem sechsten Monat nachgewiesen werden. Die Symptome (Schmerz, Lahmheit, Lähmungen) treten jedoch erst später, meist zwischen 18 Monaten und 8 Jahren, auf. Die abgelöste Knochenschuppe führt in der Regel noch zu keiner Kompression, eine Osteochondrose führt aber zu einer Formveränderung des

Kreuzbeins mit unphysiologischer Belastung der Bandscheibe. In der Folge kommt es früher oder später zu Bandscheibenschäden (Hernien) und anderen degenerativen Veränderungen, die schließlich zu einer Kompression der Nervenwurzeln führen. Die Prognose ist bei korrekter Diagnose und richtiger Behandlung recht gut. Die Behandlung wird in den meisten Fällen durch eine Operation erfolgen, die eine Entlastung der eingeklemmten Nervenwurzeln zum Ziel hat.

Bis jetzt wurden in Bern und andernorts beinahe ausschließlich Deutsche Schäferhunde, und nur sehr selten Tiere anderer Rassen (Neufundländer, Labrador Retriever) mit dieser Entwicklungsstörung gesehen. Die Vermutung, daß es sich um eine mindestens teilweise vererbte Erkrankung handelt, liegt daher auf der Hand, ist jedoch bis jetzt nicht bewiesen. Andere Faktoren, die eine Rolle spielen können, sind der Körperbau des Deutschen Schäferhundes und Umwelteinflüsse wie Haltung und Fütterung. Der Gebrauchszweck spielt wohl keine Rolle, da die Veränderungen schon bei Tieren im Alter von 6 Monaten gesehen werden kann. Ältere Tiere mit Osteochondrose, aber ohne klinische Symptome, sind selten. Dies legt den Schluß nahe, daß diese Entwicklungsstörung früher oder später zu einer DLSS und klinischen Störungen führt. Darüber hinaus wissen wir wenig. Genaue Häufigkeit des Auftretens, ev. familiäre Häufung, oder Vererbung sind nicht untersucht.

Asymmetrie der kleinen Wirbelgelenke - und, führen Übergangswirbel zu DLSS??

Beim Menschen findet sich Literatur, wonach ungleich ausgebildete kleine Wirbelgelenke zu früher Degeneration der Bandscheibe führen können. Beim Hund ist bekannt, daß Tiere (leider schon wieder Deutsche Schäferhunde) mit sogenannten Übergangswirbeln häufiger an DLSS erkranken als Tiere ohne diese Veränderung. Bei Mensch und Tier kann demnach vermutet werden, daß eine asymmetrische Verbindung zwischen dem Kreuzbein und der Lendenwirbelsäule zu einer abnormalen mechanischen Belastung der Bandscheibe (Drehkräfte in der Körper-Längsachse) und Schädigung führen. Eine Untersuchung in unserem Institut hat ergeben, das die Form und Ausrichtung der kleinen Wirbelgelenke beim DSH und vergleichbaren Hunderassen unterschiedlich ist (Abbildungen 7 und 8). Vereinfacht gesagt laufen die Unterschiede darauf hinaus, daß bei den untersuchten vergleichbaren Hunden (BSH, Labrador) die Drehkräfte mehr oder weniger gleichmäßig auf mehrere Wirbelabschnitte verteilt werden, dagegen sie beim DSH fast ausschließlich im Lumbosakralgelenk neutralisiert werden müssen.



gerade gewinkelt rund

Abb. 7 (li) und 8 (oben). Unterschiedlich ausgerichtete kleine Wirbelgelenke an einem Präparat mit roten Plättchen dargestellt (Abb. 7). Beim DSH trifft man zu 80% gerade Gelenksformen (Abb. 8 links) an, die wenig Rotation zulassen, bei den anderen Rassen überwogen gewinkelt und runde Formen (75%).

Entsprechend der unterschiedlichen Form und Ausrichtung war die Verteilung der degenerierten Bandscheiben bei den Kontrolltieren gleichmäßig auf die untersuchten Segmente verteilt, während beim DSH die lumbosakrale Bandscheibe doppelt so häufig betroffen war wie die Bandscheibe der anderen Segmente.

Die Bandscheibe liegt im Zentrum des Geschehens

Bei allen diskutierten Formen und möglichen Ursachen der degenerativen lumbosakralen Stenose steht die **Bandscheibe im Mittelpunkt**. Eine gesunde Bandscheibe hat eine Kissenfunktion, sie ist bei allen Bewegungen Dreh- und Angelpunkt und daher hohen Belastungen ausgesetzt. Bei der DLSS ist sie stets in einem hohen Masse geschädigt und Mitverursacher der Stenose. Beim DSH wurden als mögliche Ursachen die Körperhaltung mit der tiefen Hinterhand, abnormale Winkelung der lumbosakralen Wirbelsäule, Instabilität zweier Wirbelsegmente, aber auch der Gebrauchszweck diskutiert. Das letztere schien allerdings schon seit längerem unwahrscheinlich. Denn schon vor 15 Jahren wurde gezeigt, dass die lumbosakrale Bandscheibe des DSH im Vergleich zu den Bandscheiben der Lendenwirbelsäule und entsprechenden Bandscheiben anderer großer Hunderassen sehr früh (schon bei 1-jährigen Tieren!) und in einem stärkeren Masse degeneriert.

Die Ursachen sind bis heute im einzelnen unbekannt; man kann jedoch davon ausgehen, daß die hohe mechanische Belastung ursächlich beteiligt sein muß. Mit der oben erwähnten Untersuchung über die räumliche Orientierung der kleinen Wirbelgelenke der Lendenwirbelsäule und des lumbosakralen Übergangs ist es nun zum ersten Mal gelungen, einen meßbaren anatomischen Unterschied zwischen dem DSH und anderen Rassen nachzuweisen, der auf eine erhöhte mechanische Belastung der lumbosakralen Bandscheibe des DSH hinweist.

Wie weiter?

Wie in diesem kurzen Exposé dargestellt, steckt die Suche nach den Ursachen des Cauda-equina-Syndroms und damit auch die Frage nach der speziellen Anfälligkeit des Deutschen Schäferhundes zwar nicht mehr ganz in den Anfängen, es bleibt aber noch viel zu tun. Dank gut ausgebildeter Tierärzte, vor allem der im Fach Neurologie ausgebildeten Spezialisten und ausgefeilten Untersuchungstechniken wie der CT oder der MRT ist es recht einfach geworden, die Erkrankung zu erkennen, eine korrekte Diagnose zu stellen und zu behandeln. Es bedarf aber noch großer Anstrengungen, um zu wissenschaftlich fundierten Ergebnissen zu kommen, die erlauben, Hintergründe und Ursachen (mechanische, genetische) wirklich zu verstehen, um die Erkrankung vielleicht irgendwann auch durch züchterische Maßnahmen zum Verschwinden zu bringen.

geplante Untersuchungen

- Inzidenz der Osteochondrose: Risiko, DLSS zu entwickeln: DSH und Kontrollrassen mit ähnlicher Körpergröße.
- Orientierung der kleinen Wirbelgelenke und Bandscheibe: vertiefte und breit Untersuchung zu Stellung und Funktion der kleinen Wirbelgelenke - Zusammenhang mit Bandscheibendegeneration (in vivo Studie mit MRT).
- biomechanische Untersuchung zum Ausmaß der Rotation im Bereich der Lendenwirbelsäule und des lumbosakralen Übergangs - Verteilung der Rotationskräfte in der Körper-Längsachse.
- Untersuchung zur Häufigkeit der DLSS beim in einzelnen Linien, familiäre Verteilung und genetische Hintergründe.

Ob und wie schnell die einzelnen Untersuchungen durchgeführt werden können, hängt von der bis jetzt nicht gesicherten Finanzierung ab.

Literatur

- Jaggy A., Lang J., Schawalder P. cauda equina Syndrom beim Hund. Schweizer Archiv für Tierheilkunde 1987; 129: 171-192.
- de Haan JJ, Shelton SB, Ackerman N. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of degenerative lumbosacral stenosis in four dogs. Vet Surg 1993; 22: 1-4.
- Lang J, Häni H, Schawalder P. a sacral lesion resembling osteochondrosis in the german shepherd dog. Vet Radiol & Ultrasound 1992; 33: 69-76.
- Bürger R, Lang J. kinetische Studie über die Lendenwirbelsäule und den lumbosakralen Übergang beim Deutschen Schäferhund Teil I und II. Schweiz Arch Tierheilk 1992; 134: 411-416.
- Braund KG, Taylor TK, Ghosh P, Sherwood AA. Spinal mobility in the dog. A study in chondrodystrophoid and non-chondrodystrophoid animals. Res Vet Sci 1977; 22(1): 78-82.
- Gysling Ch. Der Alterungsprozess der Zwischenwirbelscheiben beim Deutschen Schäferhund. Inaugural-Dissertation. Zürich 1984.
- Hagen AP. Alterung der Zwischenwirbelscheiben bei grosswüchsigen Hunderassen. Inaugural-Dissertation. Zürich 1990.
- Morgan JP, Bahr A, Franti CE, Bailey CS. lumbosacral transitional vertebrae as a predisposing cause of cauda equina syndrome in German Shepherd Dogs: 161 cases (1987-1990). JAVMA 1993; 202: 1877-1882.
- Duncan NA, Ahmed MA. the role of axial rotation in the etiology of unilateral disc prolapse. Spine 1991; 16: 1089-1098.
- Noren N, Trafimow J, Andersson GBJ, Huckman MS. the role of facet joint tropism and facet angle in disc degeneration. Spine 1991; 16: 530-532.
- Boden SD, Riew KD, Yamaguchi K, Branch TP, Schellinger D, Wiesel SW. Orientation of the lumbar facet joints: association with degenerative disc disease. J Bone Joint Surg Am. 1996; 78(3): 403-11.
- Duncan NA, Ahmed AM. The role of axial rotation in the etiology of unilateral disc prolapse. An experimental and finite-element analysis. Spine 1991; 16(9): 1089-1098.
- Tarvin G, Prata RG. Lumbosacral stenosis in dogs. JAVMA 1980; 177: 154-159.
- Bürger R, Lang J. kinetische Studie über die Lendenwirbelsäule und den lumbosakralen Übergang beim Deutschen Schäferhund. Teil 2: eigene Untersuchungen. Schweiz Arch Tierheilk 1993; 135: 35-43.
- Schmid V, Lang J. measurements on the lumbosacral junction in normal dogs and those with cauda equina compression. J Small Animal Practice 1993; 34: 437-442.